

# O estudo do Cenozóico em Portugal Continental: “estado da arte” e perspectivas futuras

Pedro P. Cunha<sup>1</sup>, António A. Martins<sup>2</sup> & João Pais<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Depto. Ciências da Terra, Univ. Coimbra; IMAR-CIC; E-mail: [pcunha@dct.uc.pt](mailto:pcunha@dct.uc.pt).

<sup>2</sup> Depto. de Geociências e Centro de Geofísica da Universidade de Évora; E-mail: [aam@uevora.pt](mailto:aam@uevora.pt).

<sup>3</sup> Centro de Investigação em Ciência e Eng. Geológica, Univ. Nova de Lisboa; E-mail: [jjp@fct.unl.pt](mailto:jjp@fct.unl.pt).

**Palavras-chave:** Margem Ocidental Ibérica; Cenozóico; tectónica; terraços fluviais e marinhos.

**Resumo:** Portugal continental possui um valioso registo sedimentar da evolução geológica do sector ocidental da Ibéria durante o Cenozóico, permitindo diferenciar o condicionamento tectónico resultante da complexa interacção compressiva com as placas tectónicas adjacentes. A posição geográfica de Portugal continental, na bordadura oriental do Oceano Atlântico, permite avaliar as modificações no nível de base de erosão dos rios e no clima. É muito interessante poder interpretar a passagem do progressivo enchimento das bacias sedimentares para a etapa de incisão fluvial que se prolonga até à actualidade. Os avanços no conhecimento do Cenozóico português têm tido várias fases que podemos discriminar nas componentes de: cartografia geológica; paleontologia, essencialmente nos sectores mais vestibulares das bacias; definição de unidades alostratigráficas com valor à escala de bacia; cartografia geomorfológica regional, sedimentologia e reconstituição paleogeográfica; identificação das estruturas tectónicas e do seu funcionamento ao longo do tempo; datações cronométricas, envolvendo distintas metodologias que se encontram em rápido desenvolvimento; estudos pormenorizados de caracterização da arquitectura deposicional, textura e composição.

**Key-words:** Western Iberian Margin; Cenozoic; tectonics; fluvial and marine terraces.

**Abstract:** A state-of-art on the research done on Portuguese Cenozoic and aims for future researches on this topic are presented. Historically the research evolved in several phases that can distinguished as follow: geological mapping; palaeontological studies, mainly in the distal basin sectors; definition of allostratigraphic units at the basin scale; geomorphology and sedimentology; palaeogeographic reconstitutions; identification of tectonics structures and evolving activity; absolute dating using different methodologies that are in fast development; detailed characterization of the depositional architecture, texture and composition. Portugal mainland has a relevant sedimentary record that documents the geological evolution of the western Iberian margin during the Cenozoic, namely the compressive interaction with the adjacent tectonic plates. The geographical position near the Atlantic Ocean allows us also to evaluate the modifications introduced in the fluvial systems by sea-level and climate changes. In general, the progressive infilling of the Cenozoic basins to the ongoing stage of incision can be studied and interpreted.

## 1. Introdução

Em Portugal continental existe registo sedimentar do Mesozóico e Cenozóico, em geral pouco espesso o que permite a observação directa das estruturas tectónicas do soco que afectam esse registo. As bacias são de pequena dimensão, pelo que o acesso a diferentes sectores deposicionais é, geralmente, conseguido com curtos trajectos. Nos sectores próximos à actual linha de costa existem sedimentos formados em

ambientes marinhos ou de transição, mas a maioria do registo sedimentar foi depositado por sistemas fluviais ou de leque aluvial. Embora o Mesozóico se restrinja às bordaduras ocidental e meridional, o Cenozóico ocorre distribuído por todo o território. As suas características líticas dependem do contexto na respectiva bacia sedimentar cenozóica, nomeadamente a Bacia do Douro (em Portugal localiza-se apenas parte do sector ocidental desta bacia), Bacia do Mondego, Bacia do Baixo

Tejo, Bacia de Alvalade e Bacia do Algarve-Guadalquivir. A tectónica compressiva, que se intensificou a partir de meados do Tortoniano (e.g. Cunha *et al.*, 2000), conjugada com o forte escavamento durante a etapa de encaixe da rede hidrográfica no Plistocénico, permite ter em terra acesso ao registo dos principais sectores das bacias, bem como afloramentos de considerável extensão, qualidade de observação e inegável valor patrimonial (Brilha *et al.*, 2005; Cunha *et al.*, 2005).

Por outro lado, as bacias sedimentares estão enquadradas por áreas de soco que contêm relevantes registos de paleoalterações (Cunha, 2000), bem como relevos que ilustram o controlo tectónico na definição dos vários compartimentos estruturais e permitem a reconstituição das sucessivas paisagens e diversificados contextos de drenagem (Cunha & Martins, 2004).

O principal objectivo deste trabalho é sintetizar as principais características da evolução na aquisição e interpretação de dados sobre o Cenozóico de Portugal continental, descrever as principais linhas de investigação em curso e sugerir algumas temáticas a desenvolver futuramente.

## 2. Breve historial do estudo do Cenozóico em Portugal continental

De uma forma geral, o avanço do conhecimento sobre o Cenozóico pode descrever-se nas etapas resumidas nos parágrafos seguintes.

Os trabalhos mais antigos foram de natureza essencialmente paleontológica, incidindo principalmente no estudo dos fósseis das sucessões marinhas do Miocénico da Orla Ocidental.

Seguiu-se um grande incremento em trabalhos de cartografia geológica, quer pelos departamentos de Geologia nas universidades, quer pelos "Serviços Geológicos" (e mais recentes denominações desta estrutura do Estado com responsabilidades na elaboração da cartografia geológica do país). Contudo, note-se que este esforço não pôde ser desenvolvido até à actualidade, o que se traduz pela incompleta cobertura de todo o país na escala 1/50.000 e pela não existência, na secção de cartografia

geológica destes serviços do Estado, de suficiente número de geólogos especializados na cartografia de rochas sedimentares. Nos últimos anos assistiu-se a maior preocupação na definição formal de unidades litostratigráficas do Cenozóico, com reflexos na própria cartografia oficial (e.g. Cunha, 1996, 1999).

Na década de 90 começou a aplicar-se em Portugal o conceito de unidade alostratigráfica, usando o registo sedimentar compreendido entre descontinuidades sedimentares regionais (as "SDL" – sequências limitadas por descontinuidades de Cunha, 1992a, b; Barbosa, 1995). A identificação de unidades delimitadas por descontinuidades permitiu um grande avanço no conhecimento estratigráfico, dado que estas unidades são muito mais úteis para a correlação do que as unidades litostratigráficas (Carvalho, 1968; Cunha, 1996), quando o registo sedimentar em causa apresenta grandes variações verticais e laterais de fácies, faltam níveis de referência, está reduzido a manchas cartográficas isoladas ou existe escassez de jazidas fósseis com significado cronostratigráfico (e.g. Cunha & Pena dos Reis, 1992; Barbosa & Pena dos Reis, 1996). Assim, este conceito veio ajudar na correlação a longa distância, bem como contribuir para uma melhor compreensão das geometrias de enchimento das bacias e caracterização das fases tectónicas responsáveis pelo carácter de discordância angular de algumas descontinuidades. Ao melhor conhecimento da estratigrafia foi também geralmente associada a caracterização sedimentológica dos depósitos e mesmo estudos de proveniência (Pena dos Reis *et al.*, 1991), bem como foram propostas sínteses evolutivas e reconstituições paleogeográficas à escala regional ou de bacia (Cunha & Pereira, 2000; Pereira *et al.*, 2000).

A génese dos terraços tem gerado interpretações muito distintas. Para Hernández-Pacheco (1928) o escalonamento dos terraços teria causa fundamentalmente climática; ou seja, o mecanismo forçador seria a alternância de épocas glaciárias de deposição e inter-glaciárias de entalhe. Para os terraços marinhos da costa portuguesa Boléo (1943) propôs quatro unidades

estratigráficas a altitudes diferentes, correspondendo cada uma delas a um nível da costa mediterrânica: 80-95 m – Siciliano; 45-60 m – Milaziano; 20-35 m – Tirreniano; <15 m – Monastriano/Grimaldiano. No primeiro estudo sistemático de terraços portugueses, Lautensach (1945) considera os terraços do rio Minho como de formação interglaciária, ou seja, correlativos de altos níveis do mar, num contexto de levantamento progressivo da região e em que existiriam diferentes compartimentos tectónicos. Para Breuil & Zbyszewsky (1942, 1945) e Zbyszewsky (1946, 1958), o escalonamento dos terraços passou a ser considerado de génese puramente glácio-eustática, com cronologia derivada da então admitida para o Mediterrâneo. Mais ao menos nesta fase foram sistematicamente recolhidos, estudados e arquivados nos ex-Serviços Geológicos de Portugal numerosos artefactos do Paleolítico encontrados à superfície ou *in situ* nos depósitos de terraço. A partir dos anos 70 passaram a efectuar-se no Tejo sistémicas campanhas arqueológicas (e.g. Raposo, 1995; Grimaldi *et al.*, 1997).

No que se refere à cartografia geológica dos depósitos do Plistocénico, em particular dos terraços fluviais e marinhos, durante as décadas de 50 a 70 foi feito um trabalho notável de reconhecimento de terreno mas que, infelizmente, esteve muito condicionado por um modelo altimétrico (ou altitudinal). O critério de altitude ajudou à identificação dos depósitos e seu posicionamento no contexto geomorfológico, mas deixava de funcionar ao se cruzar uma falha responsável por significativa movimentação vertical. Com publicações, essencialmente, a partir do início da década de 90, A. F. Soares, G. Soares de Carvalho e B. Barbosa imprimem o uso de critérios líticos na cartografia do Plistocénico de Portugal, bem expressos na publicação em 1987-88, da Carta geológica 1/50.000 de Cantanhede (19A) e em vários artigos (Soares *et al.*, 1986, 1989; Soares, 2000, 2001) admitindo apenas dois níveis de terraço no Baixo Mondego, sendo as outras formações consideradas o resultado de transporte local, de carácter “torrencial”. Note-se que os terraços do Baixo Mondego foram descritos em 1943, numa nota preliminar, por Ribeiro

e Patrício, que reconheceram três níveis (Daveau, 1993); na cartografia geológica de Soares (1966) foram distinguidos quatro níveis escalonados às altitudes de 10-15, 25-40, 50-65 e 75-95 m. Em Daveau *et coll.* (1985-86) reconheceu-se que o Mondego teve uma evolução bastante complexa, com modificações de traçado e escalonamento de vários terraços fluviais que aqui se consideraram poder corresponder aos períodos frios do Plistocénico e não aos interglaciários, como na parte vestibular do vale.

Na bacia do Baixo Tejo, o primeiro encaixe da drenagem corresponde a uma extensa superfície erosiva, nível de Mora-Lamarosa segundo Martins & Barbosa (1992), à qual está ligado o terraço mais antigos do Tejo (T1). Esta superfície encontra-se embutida na unidade culminante, pelo que a sua identificação só pode ser feita por critérios geomorfológicos.

Em Portugal, têm sido, essencialmente, geógrafos a elaborar cartografia geomorfológica de áreas com rochas sedimentares, representando pois formas e não depósitos. Este tipo de trabalhos, infelizmente ainda não generalizados com suficiente pormenor à totalidade do território, tem vindo a permitir conhecer a representação da superfície culminante do enchimento das bacias sedimentares cenozóicas, os vários níveis de terraço e as prováveis falhas com expressão no relevo actual.

Os estudos da tectónica fini-cenozóica foram também muito importantes para uma melhor compreensão da evolução das geometrias de bacia e da evolução do contexto tectónico (Dias & Cabral, 1989; Cabral, 1995; Sequeira *et al.*, 1997; Araújo, 2003). A tectónica fini-cenozóica tem características claramente distintas das verificadas em etapas anteriores, expressando-se por importante alteração do contexto tectono-sedimentar regional, que ocorreu, provavelmente, a partir de meados do Tortoniano. Deve-se a esta tectónica a definição do essencial das características do relevo actual, promovendo o basculamento, abatimento ou soerguimento de blocos, bem como o forte condicionamento do modelado fluvial. São-lhe atribuíveis os soerguimentos das Montanhas Ocidentais Portuguesas (ex. Maciço Marginal de Coimbra, Maciço do Caramulo, etc.), Cordilheira Central Portu-

guesa, Maciço do Sicó, Maciço Calcário Estremenho, etc. Expressou-se, predominantemente, por falhas inversas e cavalgamentos com direcção NE-SW e desligamentos esquerdos NNE-SSW; verificou-se também o rejogo de vários sistemas de falhas sub-verticais, provavelmente de génese tardi-hercínica. De acordo com trabalhos de vários autores, deduz-se um significativo encurtamento crustal desenvolvido em função do intenso contexto compressivo, orientado inicialmente segundo NNW-SSE e que terá posteriormente rodado para próximo de WNW-ESSE (Ribeiro *et al.*, 1996). Alguns trabalhos de âmbito regional deram ênfase aos aspectos morfotectónicos (Ferreira, 1978; Daveau, 1984-1985; Cunha, 1988; Martins, 1999).

### **3. Estado actual de conhecimentos e principais linhas de investigação em curso**

No que respeita ao estudo do Cenozóico, os trabalhos actuais incidem na melhoria da caracterização das geometrias dos enchimentos das bacias, em terra (Pais, 2004) e no sector submerso (*e.g.* Alves *et al.*, 2003; Lopes *et al.*, 2006, 2007), a pormenorização da caracterização da arquitectura deposicional e interpretação paleogeográfica pormenorizada (*e.g.* Ramos & Cunha, 2004). O sector distal do enchimento Miocénico da Bacia do Baixo Tejo permitiu o estabelecimento de uma estratigrafia sequencial de alta resolução, integrando escalas biostratigráficas continentais e marinhas, datações isotópicas e variações do nível do mar (Antunes *et al.*, 2000). Contudo, o controlo temporal do registo sedimentar cenozóico de áreas mais interiores é pouco preciso devido à escassez de jazidas de fósseis com significado cronostratigráfico, com excepção no que respeita ao Pliocénico (Cunha *et al.*, 1993; Cunha, 2008).

O registo do Pliocénico é muito interessante, dado que o coevo alto nível do mar (a cerca de 60 m acima do nível actual) foi responsável por uma transgressão marinha que atingiu locais a 24 km da costa actual e desenvolveu uma vasta plataforma de abrasão marinha e um extenso litoral

arenoso abastecido por vários sistemas deltaicos, antecedentes dos principais cursos de água actuais. A abundância no acarreo de sedimentos ao litoral resultou de um clima quente e húmido promovendo uma intensa meteorização química (caulinização) na área-mãe, bem como erosão e transporte de sedimentos por cursos de água perenes e com elevado caudal. O intenso assoreamento conduziu a uma migração, para oeste, dos ambientes costeiros. O estudo deste registo pode ser usado para prever a evolução do litoral português em função de um progressivo aquecimento do clima.

No que respeita ao Plistocénico, ele abrange a etapa de encaixe da rede hidrográfica que se foi hierarquizando e desenvolvendo. Ocorreram capturas e reorganizações da drenagem, função da anisotropia litológica do substrato e da simultânea actividade tectónica. Nesta etapa ocorreram períodos de alargamento dos vales e alguma deposição, que deram origem às escadarias de terraços fluviais, enquanto no litoral se formavam equivalentes terraços marinhos. A alternância entre fases de escavamento com outras de sedimentação resultou da interacção entre uma tendência de soerguimento tectónico da região, coevo com variações do nível do mar e do clima (alternância de períodos glaciários e interglaciários). Em diversos rios portugueses têm vindo a ser efectuada cartografia geomorfológica de pormenor e caracterização sedimentológica. Mais recentemente a cartografia em Sistemas de Informação Geográfica e os modelos digitais de terreno deram uma ajuda na interpretação geomorfológica. Contudo, a grande limitação é ainda a falta de datações cronométricas que permitam situar no tempo as fases de agradação e escavamento, perceber quais os seus mecanismos forçadores, bem como confirmar a correlação geomorfológica de terraços desnivelados pela tectónica. Apesar das primeiras tentativas de datação em terraços do Rio Tejo (fig.1) terem sido feitas por termoluminescência (TL), frequentemente o sinal estava saturado e fornecia apenas idade mínima, pouco precisa e de utilidade limitada. Na actualidade, o método de datação geralmente mais adequado é a luminescência opticamente estimulada

(OSL), mas porque é comum os sedimentos apresentarem elevadas doses de radiação ambiental o quartzo, mineral rotineiramente usado como dosímetro encontra-se frequentemente já saturado e, portanto, só permite obter idades mínimas (Martins & Cunha, 2006a,b). A alternativa actual consiste em efectuar a medição em feldspato potássico, mas assegurando uma correcção para fazer face à perda anómala de energia que ocorre ao longo do tempo (*anomalous fading*). Apesar desta dificuldade, em Portugal tem

sido feito um grande esforço na datação dos quatro terraços inferiores do rio Tejo (fig. 2), dispostos em escadarias com um máximo de seis (Cunha *et al.*, 2008a; Martins *et al.*, 2008a, em publicação). Essas datações permitem constatar que os períodos de aggradação registados pelos sedimentos desses terraços marinhos e fluviais tendem a corresponder com os períodos de alto nível do mar de ciclos eustáticos de 4ª ordem e climáticos de similar ordem.

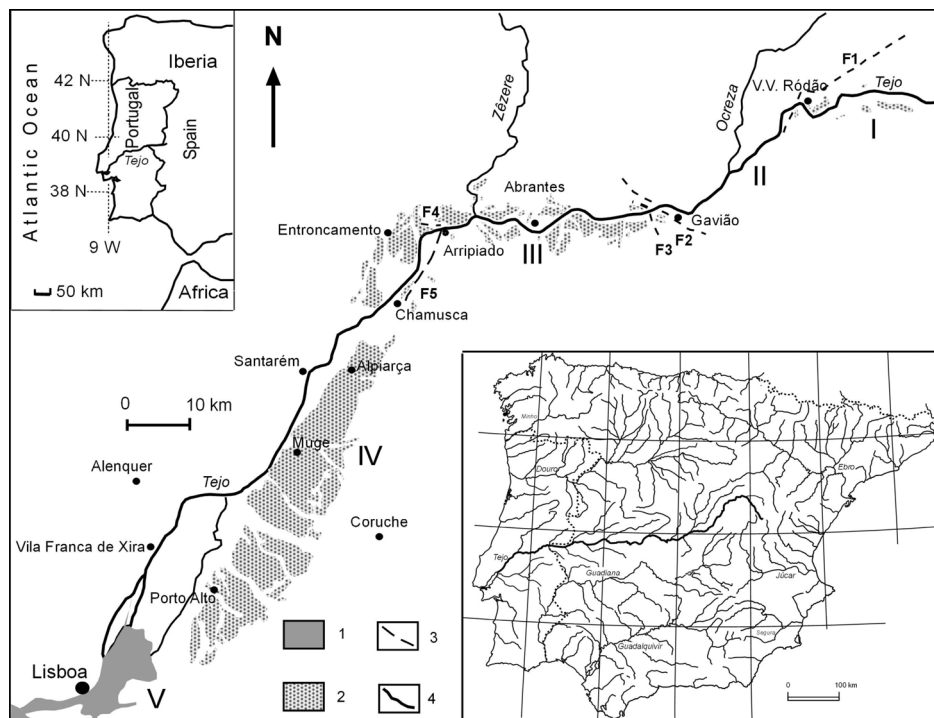


Figura 1 – Divisão do rio Tejo nos troços portugueses principais (Bacia do Baixo Tejo): I - da fronteira espanhola a Ródão; II - de Ródão a Gavião (NE-SW); III - de Gavião ao Arripiado (E-W); IV - do Arripiado a Vila Franca de Xira; V - de Vila Franca de Xira ao litoral Atlântico. F1, a F5 falhas nos limites dos troços. 1 - estuário; 2 - terraços; 3 - falhas; 4 - canal principal.

Quando se projecta a altitude da planície de inundação e da superfície desses quatro terraços datados em função da respectiva idade obtêm-se para os últimos 300 mil anos uma função linear que, sendo usada, permite estimar a idade da superfície dos terraços mais altos (designados no Tejo por T2 e T1), bem como a idade do topo da unidade culminante no registo sedimentar da Bacia do Baixo Tejo (fig. 2). Assim, partindo do pressuposto de que a taxa de incisão foi constante no último milhão de anos, obtêm-se na Bacia do Baixo Tejo uma idade de cerca de 950 mil anos para o topo da unidade

culminante. A confirmar-se, isso significaria que o início da etapa de encaixe da rede hidrográfica teria ocorrido no início do Plistocénico e que a unidade culminante se depositou durante o Pliocénico e parte do Plistocénico. Nesse caso, haveria algum fundamento na atribuição antiga da designação de PQ para a unidade culminante da bacia. A idade estimada de ~1 Ma, para o início do encaixe da drenagem, deve ser encarada com prudência, pois não há garantia absoluta que a taxa de incisão tenha sido constante em todo esse período. O cálculo da taxa de incisão vem também

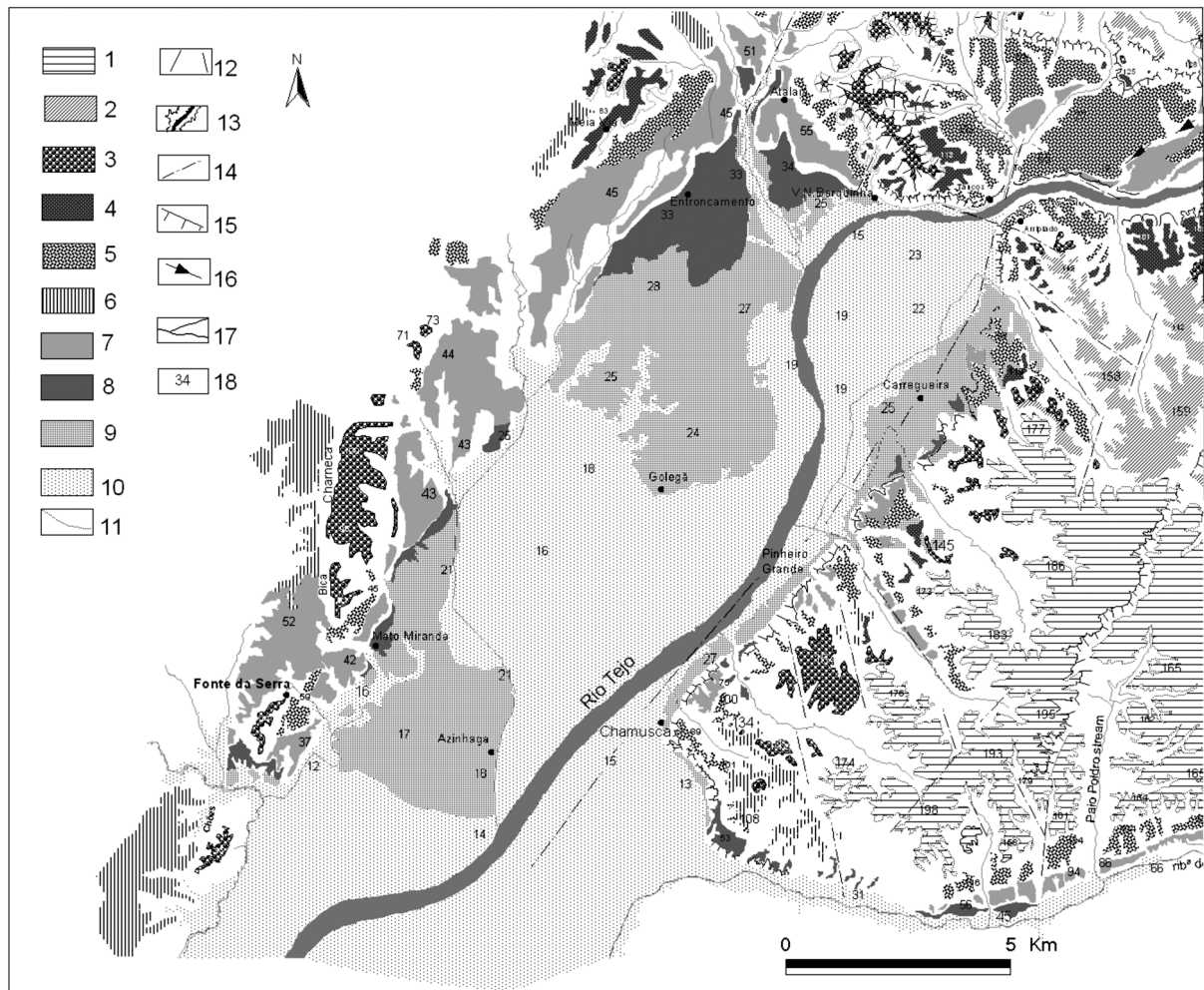


Figura 2 – Mapa geomorfológico da área da Chamusca. 1 – superfície culminante da Bacia do Tejo; 2 – N1 – superfície de erosão correspondente ao primeiro encaixe da drenagem na superfície culminante; 3 – Terraço T1; 4 – Terraço T2; 5 – Terraço T3; 6 – N3, superfície de erosão do terraço T3; 7 – terraço T4; 8 – Terraço T5; 9 – Terraço T6; 10 – aluviões (Holocénico); 11 – base de vertente; 12 – vertente; 13 – vale encaixado; 14 – lineamento de fractura; 15 – escarpa de falha; 16 – vale abandonado; 17 – curso de água; 18 – altitude (m).

complicado pela tectónica local; a taxa é mais alta nos compartimentos sujeitos a maior soerguimento tectónico (soerguimento diferencial). No Baixo Tejo calculou-se uma taxa média de incisão de  $\sim 0,4$  m/ka no compartimento mais levantado do vale do Tejo (escadaria da Chamusca-Arripiado) e de  $\sim 0,2-0,3$  m/ka em áreas adjacentes (Martins *et al.*, 2008b) (fig. 2). Dado que a taxa de incisão pode ser usada como *proxy* da taxa de soerguimento tectónico, e como aquela no Baixo Tejo se determinou como constante nos últimos 300 mil anos, daí resulta que o mecanismo forçador para os períodos de escavamento *versus* alargamento do vale e agradação parece ter sido a variação do nível de base, derivada da subida

e descida global do nível do mar essencialmente resultante das oscilações climáticas. A cerca de meia centena de idades OSL que foram já obtidas nos quatro terraços mais baixos do Baixo Tejo (troços I a IV), permitem saber qual o tempo materializado por sedimentos – fases de agradação (fig. 3). As idades indicam que as fases de agradação tendem a coincidir com períodos de alto nível do mar (ciclos de 4ª ordem) e clima mais quente (interglaciários), enquanto que nos máximos de abaixamento do nível do mar terá havido escavamento.

Relativamente aos estudos de Neotectónica será importante o desenvolvimento de estudos que promovam a apresentação

de dados exemplificativos e interpretações tectónicas a várias escalas, desde a observação em afloramento até escalas maiores.

Além disso é necessário que se documente a diferenciação, temporal e espacial, dos principais sistemas de falhas activos.

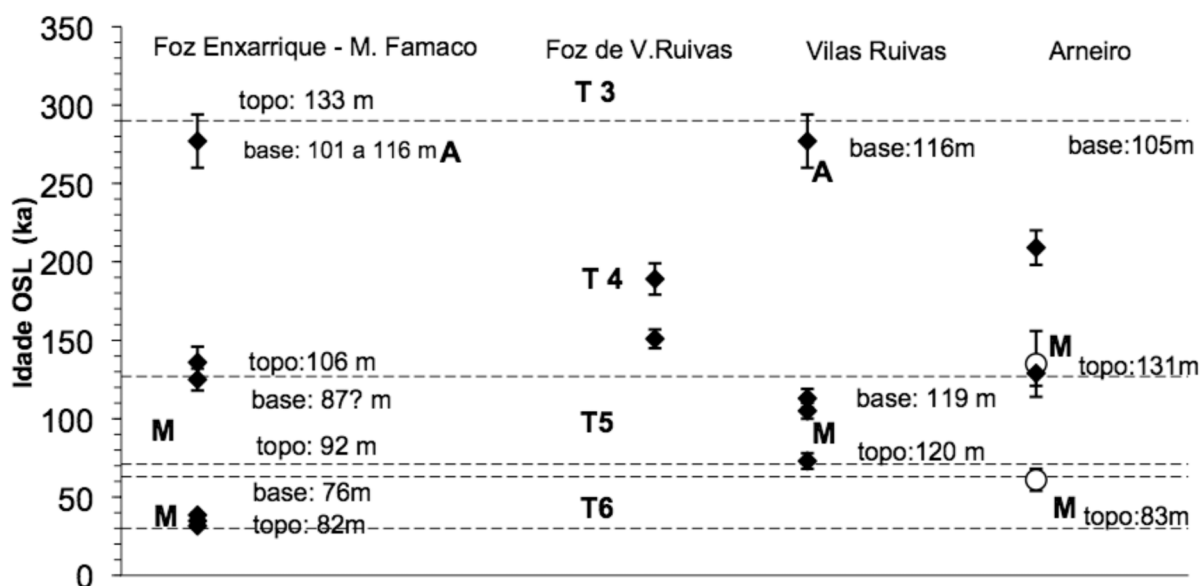


Figura 3 – Exemplo das idades OSL obtidas num dos troços do Tejo (troço I - Ródão; Cunha et al., 2008) que são de feldspato potássico com correcção de fading (losângulos) com excepção de duas idades de quartzo (círculos) (Arneiro; Almeida et al., 2007). Apresenta-se a posição estratigráfica de cada amostra em relação à base e topo de cada terraço (identificados por T4, T5 e T6), cujos limites estão salientados por linhas horizontais a tracejado. Os terraços terão idade de: T4 – 277 a 130 ka; T5 – 130 a 73 ka; T6 – 61 a 31 ka; A ocorrência de indústrias líticas in situ está também indicada: M – Moustierense; A – Acheulense.

#### 4. Temáticas para desenvolvimento futuro

Considera-se que é útil continuar para jusante as datações das escadarias de terraços do rio Tejo, por forma a entender a ligação temporal entre terraços fluviais e marinhos e avaliar o diacronismo da base e topo de cada terraço, quer ao longo do vale, quer em secções transversais. Por outro lado, é importante fazer o mesmo tipo de estudos em outros rios, tal como no Mondego, Douro ou Minho, para avaliar a influência de diferentes taxas de soerguimento regional e saber se os outros mecanismos forçadores apresentam um comportamento similar ao observado no Baixo Tejo. Para rios ibéricos, tal como o Douro e Tejo, é importante que as áreas de estudo se situem em ambos os países para uma análise espacial mais ampla, tal como já salientado por Daveau (1993). Por exemplo, será muito interessante saber porque é que o rio Tejo em Portugal só tem um máximo de seis terraços mas na parte

ocidental da Bacia cenozóica de Madrid tem doze níveis (Pérez-González, 1994; Silva, 2003). Contudo, também é importante efectuar estudos em áreas com rios menos extensos mas em que a tectónica que afecta o soco e a cobertura esteja bem expressa, para que se possam desenvolver modelos explicativos de diversos contextos na bordadura ocidental ibérica (e.g. Gomes et al., 2007; Gomes, 2008).

Dado que em Portugal o feldspato potássico, sem estar em saturação, só poderá ser usado para obter idades corrigidas até cerca de 300 a 350 mil anos será necessário recorrer extensivamente à datação por nuclídeos cosmogénicos (e.g. por perfis de  $^{10}\text{Be}$  e  $^{26}\text{Al}$ ) para datar os terraços aluviais mais antigos e a unidade culminante plio-pleistocénica. Contudo, esta metodologia apesar de ser cerca de dez vezes mais dispendiosa do que a OSL necessita que seja garantido que a superfície sedimentar a datar não tenha sofrido qualquer erosão. Mais raramente, existe a

possibilidade de se usarem outros métodos de datação, tal como as séries de urânio.

Será certamente muito frutuoso desenvolver os conceitos de estratigrafia sequencial em séries continentais (Dinis *et al.*, 2008a,b) e aplicá-los aos registos fluviais ibéricos.

A cartografia geomorfológica de pormenor deve ser generalizada a todo o território por forma a entender a evolução das paisagens e dar suporte às interpretações geológicas com base em vários tipos de dados.

Os estudos de neotectónica também deverão continuar a desenvolver-se dado o seu interesse científico e inegável aplicação à caracterização da perigosidade sísmica, devendo ser suportados por informação estratigráfica, sedimentológica e de datação.

Os estudos arqueológicos de artefactos do Paleolítico associados aos terraços deverão receber o suporte integrado das componentes de Geomorfologia, Estratigrafia, Sedimentologia, Paleontologia e de Geocronologia, por forma a conseguir uma sólida Geoarqueologia que permita obter reconstituições credíveis das paisagens antigas e das actividades dos humanos primitivos.

Os estudos de estratigrafia e sedimentologia de alta resolução serão muito importantes para descortinar nos terraços e nas unidades eólicas do Plistocénico a assinatura sedimentar das variações climáticas do passado (Cunha *et al.*, 2008b).

## 5. Considerações finais e conclusões

Portugal possui um relevante registo sedimentar Cenozóico capaz de permitir avaliar a interacção entre os controlos deposicionais — tectónica, clima e eustatismo — desde que consigamos uma malha de datações minimamente representativa das sucessões sedimentar.

As datações OSL e por nuclídeos cosmogénicos poderão, a curto prazo, contribuir para construir um quadro cronológico muito relevante para a interpretação geológica do Pliocénico, Plistocénico e Holocénico.

Os estudos de campo são a base sólida para estudos de Geologia, depois comple-

mentados por análises laboratoriais mais específicas, processamento de dados e modelação. Actualmente existem vários métodos geofísicos que aplicados a áreas sedimentares podem fornecer dados valiosos para conhecer as espessuras, geometrias, variações de fácies e estruturas tectónicas de sucessões sedimentares pouco aflorantes.

Finalmente, para que sejam mais eficazes e produtivos, os projectos de investigação que abordem o Cenozóico devem ser executados com equipas de investigação pluridisciplinares e internacionais, integrando geólogos, geógrafos e geofísicos com especialidades adequadas à temática objecto da investigação em consideração.

## Agradecimentos

Este trabalho foi efectuado no âmbito do Proj. PPCDT/CTE-GEX/58120/2004 (Terraços fluviais, referências para determinar a incisão fluvial e o levantamento tectónico), aprovado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia e cofinanciado pelo FEDER.

## Bibliografia

- Almeida, N.; Deprez, S. & De Dapper, M. (2007). As ocupações paleolíticas no Nordeste alentejano: uma aproximação geoarqueológica. *Revista Portuguesa de Arqueologia*, 10: 7-16.
- Alves, T.M.; Gawthorpe, R. L.; Hunt, D. W. & Monteiro, J. H. (2003). Cenozoic tectono-sedimentary evolution of the western Iberian margin. *Marine Geology*, 195: 75-108.
- Araújo, M. A.; Gomes, A.; Chaminé, H.; Fonseca, P. E.; Gama Pereira, L. & Pinto de Jesus, A. (2003). Geomorfologia e Geologia regional do sector de Porto-Espinho (W de Portugal): implicações morfo-estruturais na cobertura sedimentar cenozóica. *Cadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe, Coruña*, 28: 79-105.
- Antunes, M. T.; Legoinha, P.; Cunha, P. P. & Pais, J. (2000). High resolution stratigraphy and Miocene facies in Lisbon and Setúbal Peninsula (Lower Tagus Basin, Portugal). *Ciências da Terra (UNL)*, 14: 183-190.
- Barbosa, B. (1995). Alostratigrafia e Litostratigrafia das unidades continentais da Bacia Terciária do Baixo Tejo. Relações com o eustatismo e a tectónica. Tese de Doutoramento (não publicada), Univ. Lisboa, 253 p.
- Barbosa, B. & Pena dos Reis, R. (1996). Geometrias de enchimento, sistemas deposicionais e organização estratigráfica do pliocénico continental da Bacia Terciária do Baixo Tejo (Baixo Tejo). *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, 82: 51-86.



- Boléo, J. O. (1943). Ensaio sobre morfologia litoral (em especial a secção entre o pontal de Peniche e a foz do Tejo. Lisboa, 120 p.
- Breuil, H. & Zbyszewsky, G. (1942). Contribution à l'étude des industries paléolithiques du Portugal et de leurs rapports avec la géologie du Quaternaire. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 23, 369 pp.
- Breuil, H. & Zbyszewsky, G. (1945). Les principaux gisements des plages quaternaires du littoral d'Estremadura et des terrasses fluviales de la basse vallée du Tage. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 26: 662 p.
- Brilha, J.; Andrade, C.; Azerêdo, A.; Barriga, F.; Cachão, M.; Couto, H.; Cunha, P. P.; Crispim, J. A.; Dantas, P.; Duarte, L.; Freitas, M. C.; Granja, M. H.; Henriques, M. H.; Henriques, P.; Lopes, L.; Madeira, J.; Matos, J.; Noronha, F.; Pais, J.; Piçarra, J.; Ramalho, M. M.; Relvas, J.; Ribeiro, A.; Santos, A.; Santos, V. & Terrinha, P. (2005). Definition of the Portuguese frame-works with international relevance as an input for the European geological heritage characterisation. *Episodes*, 28: 177-186.
- Ferreira, A. B. (1978). Planaltos e Montanhas do Norte da Beira, Estudo de Geomorfologia. *Mem. Centro de Estudos Geográficos*, 4: 374 p.
- Carvalho, A. G. (1968). Contribuição para o conhecimento geológico da Bacia Terciária do Tejo. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, 15: 210 p.
- Cabral, J. (1995). Neotectónica de Portugal continental. *Memórias do Instituto Geológico e Mineiro Portugal*, 31, 265 p.
- Cunha, L. S. (1988). As serras calcárias de Condeixa, Sícó, Alvaizere. Tese de Doutoramento (não publicada), Univ. Coimbra, 329 p.
- Cunha, P. P. (1992a). Estratigrafia e sedimentologia dos depósitos do Cretácico Superior e Terciário de Portugal Central, a leste de Coimbra. Tese de Doutoramento (não publicada). Univ. Coimbra, 262 p.
- Cunha, P. P. (1992b). Establishment of unconformity-bounded sequences in the cenozoic record of the western Iberian margin and synthesis of the tectonic and sedimentary evolution in central Portugal during Neogene. First Congress R.C.A.N.S. - "Atlantic general events during Neogene", Lisboa, pp. 33-35.
- Cunha, P. P. (1996). Unidades litostratigráficas do Terciário da Beira Baixa (Portugal). *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, 82: 87-130.
- Cunha, P. P. (1999). Unidades litostratigráficas do Terciário na região de Miranda do Corvo-Viseu (Bacia do Mondego - Portugal). *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, 86: 143-196.
- Cunha, P. P. (2000). Paleoalterações e cimentações nos depósitos continentais terciários de Portugal central: importância na interpretação de processos antigos. *Ciências da Terra (UNL)*, 14: 145-154.
- Cunha, P. P. (2008). Papel desempenhado por la tectónica, el clima y el eustatismo en la génesis de los depósitos de Raña al pie de la Cordillera Central Portuguesa (Iberia occidental). VII Congreso Geológico de España, La Palma de Gran Canaria, 4 p.
- Cunha, P. P. & Martins, A. A. (2004). Principais aspectos geomorfológicos de Portugal central, sua relação com o registo sedimentar e a importância do controlo tectónico. In M. A. Araújo & A. Gomes (eds.) - Geomorfologia do NW da Península Ibérica, Fac. Letras Univ. Porto, pp. 155-182.
- Cunha, P. P. & Pena dos Reis, R. (1992). Síntese da evolução geodinâmica e paleogeográfica do sector Norte da Bacia Lusitânica, durante o Cretácico e Terciário. III Congresso Geológico de Espanha e VIII Congreso Latinoamericano de Geología. Salamanca, vol. 1, pp. 107-112.
- Cunha, P. P. & Pereira, D. I. (2000). Evolução cenozóica da área de Longroiva-Vilarça (NE Portugal). *Ciências da Terra (UNL)*, 14: 89-198.
- Cunha, P. P.; Barbosa, B. P. & Pena dos Reis, R. (1993). Synthesis of the Piacenzian onshore record, between the Aveiro and Setúbal parallels (Western Portuguese margin), *Ciências da Terra (UNL)*, 12, pp. 35-43.
- Cunha, P. P., Pimentel, N. & Pereira, D. I. (2000). A assinatura tectono-sedimentar do auge da compressão bética em Portugal: a descon-tinuidade sedimentar Valesiano terminal-Turoliano. *Ciências da Terra (UNL)*, 14: 61-72.
- Cunha, P. P.; Martins, A. A.; Daveau, S. & Friend, P. F. (2005). Tectonic control of the Tejo river fluvial incision during the late Cenozoic, in Ródão - central Portugal (Atlantic Iberian border). *Geomorphology*, 64: 271-298.
- Cunha, P. P.; Martins, A. A.; Huot, S.; Murray, A. & Raposo, L. (2008a). Dating the Tejo River lower terraces in the Ródão area (Portugal) to assess the role of tectonics and uplift. In P. G. Silva; F. A. Audemard & A. E. Mather (eds.) - Impact of Active Tectonics and Uplift on Fluvial Landscapes and River Valley Development. *Geomorphology*, Spec. Issue, doi:10.1016/j. geomorph.2007.05.019
- Cunha, P. P.; Dinis, P.; Martins, A. A.; Stokes, M. & Handcock, G. (2008b). Discussion of eustatic, climatic and tectonic controls on the Tejo River terraces genesis, at Alvega - Chamusca (Portugal, western Iberia). Fluvial Archives Group Meeting 2008, Budapest, 1 p.
- Daveau, S. (1993). Os terraços fluviais e litorais, In: O Quaternário em Portugal, Balanço e perspectivas. Colibri, pp. 17-28.
- Daveau, S. *et coll.* (1985-1986) Les basins de Lousã et Arganil. Recherches geomorpholo-giques et sedimentologiques sur le massif ancien et sa couverture à l'est de Coimbra. *Mem. Cent. Est. Geogr.*, 8: 450 pp.
- Dias, R. P., Cabral, J., (1989). Neogene and Quaternary reactivation of the Ponsul river fault in Portugal. *Comun. Serv. Geol. Port.*, 75:3-28.
- Dinis, J.; Cunha, P. P. & Dinis, P. (2008a). The continental clastic conveyor belt: sequence stratigraphic ideas. IAS Meeting, 1 p.
- Dinis, J.; Cunha, P. P. & Dinis, P. (2008b). Fluvial terraces and sequence stratigraphy: upper progradational packages. Fluvial Archives Group Meeting 2008, Budapest, 1 p.
- Gomes, A. (2008). A evolução geomorfológica da plataforma litoral entre Espinho e Águeda. Tese de Doutoramento (não publicada), Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 347 p.
- Gomes, A.; Chaminé, H. I.; Teixeira, J.; Fonseca, P. E.; Gama Pereira, L. C.; Pinto de Jesus, A.; Pérez Albertí, A.; Araújo, M. A.; Coelho, A.; Soares de Andrade, A. & Rocha, F. T. (2007). Late Cenozoic basin opening in relation to major strike-slip faulting along the Porto-Coimbra-Tomar fault zone (Northern Portugal). In G. J. Nichols; E. A. Williams & C. Paola (eds.) - Sedimentary processes, environments and basins. A tribute to Peter Friend. Wiley-Blackwell Publishing LTD. *Intern. Association of Sedimentologists Spec. Publ.*, 38: 137-153.
- Grimaldi, S., Rosina, P. & Fernandez, F. (1997). Interpretazione Geo-Archeologica di alcune industrie

- litiche Languedocensi del Médio Bacino del Tejo. In R. A. Cruz; L. Oosterbeek, & Pena dos Reis, R. P. (eds.) – Quaternário e Pré-História do Alto Ribatejo (Portugal). *Arkeos*, 4: 145-226.
- Hernández-Pacheco, E. (1928). Los cinco rios principales de España y sus terrazas. Madrid.
- Lautensach, H. (1945). Formação dos terraços interglaciários do Norte de Portugal e suas relações com os problemas da época glaciária. Imprensa Moderna, Porto.
- Lopes, F. C.; Cunha, P. P. & Le Gall, B. (2006). Cenozoic seismic stratigraphy and tectonic evolution of the Algarve margin (offshore Portugal, southwestern Iberian Peninsula). *Marine Geology*, 231: 1-36.
- Lopes, F. C. & Cunha, P. P. (2007). Tectono-sedimentary phases of the latest Cretaceous and Cainozoic compressive evolution of the Algarve margin (southern Portugal). In G. J. Nichols; E. A. Williams & C. Paola (eds.) - Sedimentary processes, environments and basins. A tribute to Peter Friend. Chapter 6. Wiley-Blackwell Publ. LTD. *Intern. Association of Sedimentologists Spec. Publ.*, 38: 111-136.
- Martins, A. A. (1999). Caracterização morfotectónica e morfossedimentar da Bacia do Baixo Tejo (Pliocénico e Quaternário). Tese de Doutoramento (não publicada), Universidade de Évora, 500 p.
- Martins, A. A. & Barbosa, B. (1992). Planaltos do Nordeste da Bacia Terciária do Tejo (Portugal). *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 78: 13-22.
- Martins, A.A. & Cunha, P.P. (2006a). Vantagens e limitações da luminescência opticamente estimulada na datação de terraços do rio Tejo, sua importância na determinação da taxa de incisão fluvial. VII Congresso Nacional de Geologia, Resumos, vol. II, 29 de Junho a 13 de Julho de 2006, Univ. Évora, pp. 683-686.
- Martins, A. A. & Cunha, P.P. (2006b). Possibilidades de aplicação da luminescência opticamente estimulada (OSL) na datação de sedimentos do rio Tejo. Tagus Floods 06 Workshop, Univ. Lisboa, pp. 72-75.
- Martins, A. A.; Cunha, P. P.; Huot, S.; Murray, A. & Buylaert, J.P. (*in press*). Geomorphological correlation of the tectonically displaced Tejo river terraces (Gavião-Chamusca area, Portugal) supported by luminescence dating. *Quaternary International*, Elsevier Science Publishers.
- Martins, A. A.; Cunha, P. P.; Buylaert, J. P.; Murray, A. S.; Dinis, P. & Stokes, M. (2008a). Luminescence dating and geological significance of a Pleistocene river terrace staircase sequence in the Arripiado-Chamusca area of the Lower Tejo river (western Iberia). XII International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating, Peking, 1 p.
- Martins, A. A.; Cunha, P. P.; Huot, S.; Murray, A. S.; Buylaert, J. P.; Stokes, M. & Cabral, J. (2008b). Fluvial terraces of the Tejo River (western Iberia), geomorphic markers to identify tectonic displacements and to estimate fluvial incision and uplift rates. IV TOPO-EUROPE Workshop, Madrid, 1 p.
- Pais, J. (2004). The Neogene of the Lower Tagus Basin (Portugal). *Revista Española de Paleontología*, 19: 229-242.
- Pena dos Reis, R.; Rela, M. C. Z.; Cunha, P. P. & Pinto, A. F. (1991). Estudo da proveniência dos feldspatos potássicos detríticos das "Arcoses de Côja" (Eocénico superior) (região de Arganil - Portugal central). *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Miner. Geol. Univ. Coimbra*, 111: 147-168.
- Pereira, D. I.; Alves, M. I. C.; Araújo, M. A. & Cunha, P. P. (2000). Estratigrafia e interpretação paleo-geográfica do Cenozóico continental do norte de Portugal. *Ciências da Terra (UNL)*, 14: 73-82.
- Pérez-González, A. (1994). Depresión del Tajo. In G. M. Elorza, (ed.) - Geomorfología de España. Editorial Rueda, Madrid, 526 p.
- Ramos, A. & Cunha, P. P. (2004). Facies associations and palaeogeography of the Zanclean-Piacenzian marine incursion in the Mondego Cape – Nazaré area (onshore of central Portugal). XXIII IAS Meeting of Sedimentology, Coimbra, p. 227.
- Raposo, L. (1995). O Paleolítico. In J. Medina (ed.) – História de Portugal. Lisboa, Clube Internacional do Livro, vol. I, pp. 23-85.
- Ribeiro, A.; Cabral, J.; Baptista, R. & Matias, L., (1996). Stress pattern in Portugal mainland and the adjacent Atlantic region, West Iberia. *Tectonics*, 15: 641-659.
- Sequeira, A.; Cunha, P. P. & Sousa, M. B. (1997). A reactivação de falhas, no intenso contexto compressivo desde meados do Tortoniano, na região de Espinhal-Coja-Caramulo (Portugal Central). *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, 83: 95-126.
- Silva, P. G. (2003). El Cuaternario del valle inferior del Manzanares (Cuenca de Madrid, España). *Estudios Geológicos*, 59: 107-131.
- Soares, A. F. (1966). Estudo das formações pós-jurássicas na região de entre Sargento-Mor e Montemor-o-Velho (margem direita do rio Mondego. *Memórias e Notícias, Pub. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra*, 62: 343 p.
- Soares, A. F. (2000). As unidades quaternárias e pliocénicas no espaço do Baixo Mondego (uma perspectiva de ordem). *Estudos do Quaternário*, 2: 7-17.
- Soares, A. F. (2001). Um buraco de minhoca (algumas reflexões sobre o prefixo paleo). II Colóquio de Geografia de Coimbra, *Cadernos de Geografia*, num. esp., pp. 57-63.
- Soares, A. F.; Cunha, L. & Marques, J. F. (1989). Depósitos quaternários do Baixo Mondego: tentativa de coordenação morfogenética". II Reunion del Quaternario Ibérico, Madrid, pp. 803-812.
- Soares, A. F.; Cunha, L. & Marques, J. F.; Almeida, A. C. & Lapa, M. R. (1986). Depósitos de vertente no Cabo Mondego. Integração no modelo evolutivo do Quaternário do Baixo Mondego. III Reunião do Quaternário Ibérico, Coimbra, pp. 199-208.
- Zbyszewski, G. (1946). Étude Géologique de la région d'Alpiarça. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 27: 145-268.
- Zbyszewski, G. (1958). Le Quaternaire du Portugal. *Bol. Soc. Geoógica de Portugal*, 12: 1-227.